铸造强国重器：关键核心技术突破的规律探索与体系构建

余 江[1,2] 陈 凤[1,3] 张 越[1,2] 刘 瑞[1,3]

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190
2 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049
3 中国科学院大学 北京 100049

摘要 关键核心技术对于我国经济社会发展和国家安全等具有极端战略重要性，突破和掌握那些我国处于“卡脖子”短板位置的关键核心技术，对于我们实现建设世界科技强国的目标具有决定性的标志意义。因此，我们需要立足于国家重大战略需求，重视前瞻布局，加强战略研究。文章将在分析识别关键核心技术特性的基础上，系统反思我国关键核心技术突破的挑战与瓶颈，并从支撑重大技术突破的组织模式、人才培养机制以及新评价激励机制等维度设计等方面，思考如何构建充满活力和效力的攻坚创新体系，真正铸造强国重器。

关键词 科技强国，关键核心技术规律，创新体系

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.03.012

1 关键核心技术的重要意义

我国的科技事业和高技术产业近年来取得长足进步，重大创新成果不断涌现，科技创新能力得到显著提升，一些领域已在国际上处于并行或者领跑地位。但是，在以高端芯片、基础软件、核心发动机、高档数控机床、特种材料等为代表的关键性领域，依然存在显著的短板。而2018年4月美国商务部对我国中兴公司的制裁，造成了举国震动。这从一个侧面暴露了，由于核心技术短板使得国内战略性产业受制于人的现状以及带来的巨大潜在风险，也警示我们掌握关键核心技术对于经济社会发展和国家安全等具有的战略重要性。

关键核心技术的缺失，已经引起国家最高领导层的高度重视，在2018年5月召开的两院院士大会上，习近平总书记强调，“实践反复告诉我们，关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的。只有把关键核心

资助项目：国家自然科学基金重点项目（71834006），国家自然科学基金青年项目（71704173），中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项（GHJ-ZLZX-2019-32-6）
修改稿收到日期：2019年3月6日

技术掌握在自己手中，才能从根本上保障国家经济安全、国防安全和其他安全”[1]。同年 7 月，习近平总书记主持中央财经委员会第二次会议时，对解决当前“卡脖子”问题进行了专题研究，要求我国科技界和产业界切实增强紧迫感和危机感，切实提高我国关键核心技术创新能力，把科技发展主动权牢牢掌握在自己手里。

科技强国建设是一场新的长征[2]，在风云变幻的国际政治经济形势下，全球科技竞争愈发激烈，能否突破和掌握作为强国重器的关键核心技术，形成有效的高端科技供给能力，真正改变战略性领域受制于人的被动局面，对我们向科技强国迈进具有决定性的标志意义。形势逼人，而对关键核心科技的突破规律及攻坚创新体系构建的战略研究至关重要，亟需加强相关的研究思考[3]。

2 识别关键核心技术突破挑战 把握关键核心技术的特点

2.1 关键核心技术的主要挑战与瓶颈

我国近年来在高科技领域取得了长足进步[4]，但是在以高端芯片、基础软件、核心发动机、高档数控机床、特种材料等为代表的诸多战略性领域，以欧、美、日为代表的发达国家和地区掌握着大量的关键核心技术，而我国的研究水平和产业能力差距仍然很大，存在一系列明显的“卡脖子”短板[5]。例如，在以核心处理器、存储器和 FPGA（现场可编程门阵列）等为代表的高端基础芯片产业，国内的商用化研发刚刚起步；作为全球最大的集成电路消费国和显示面板制造国，我国在芯片光刻机、面板真空蒸镀机等产业核心工艺设备和材料方面仍然高度依赖国外产品与技术；在金融、能源以及银行等国计民生重要部门关键业务 IT（信息技术）系统方面，国产产品举步维艰；在重要数据库软件系统、软件操作系统以及重要工业设计软件系统等领域，国内产品很多是空白；在关键材料方面，高端轴承钢、航空关键钢材以及基础电子化学品等领域，我国存在太多的产品空白等；另外，涉及航空动力系统、高端数控机床、机器人控制和高端医疗设备以及重大科学仪器等产业的很多核心技术我国还远没有掌握。应该说这些“卡脖子”短板很多是长期以来困扰我国经济社会发展的“老大难”问题，关系到战略性领域的国际话语权，可能对我国经济社会的高质量可持续发展造成影响，已经引起举国上下的高度重视。

2.2 把握关键核心技术的特点

根据前期调研分析，我们认为作为强国重器，关键核心技术一般具有如下主要特性。

（1）高投入、长周期。核心技术研发投入巨大，单个国际集成电路巨头一年的新技术和新设备投入往往可以达到百亿美元之巨，而我国相关的一个国家科技重大创新专项数年来研发资金投入也达数百亿元人民币。关键核心技术难题的复杂程度高、探索周期长，例如一款核心发动机的研发周期往往达到 15—20 年。

（2）知识的复杂性、嵌入性。例如集成电路芯片工艺技术，进入极紫外光刻（EUV）阶段，涉及大量缄默知识、专利和 know-how（技术诀窍）。从国际经验看，从名校科班博士毕业成长到独当一面核心技术团队负责人，一般要在研发一线（前沿企业实验室或者和一线企业合作的科研院校实验室）潜心打磨 10—15 年以上，积累大量缄默知识并经历阶段性失败的锤炼。

（3）国际核心系统与部件市场的寡头垄断。整体上看，核心系统与核心部件市场往往呈现寡头垄断的格局。例如，全球集成电路中关键的光刻机等重要装备和核心关键材料往往是由 1—2 家跨国公司垄断。

（4）核心技术突破的商用生态依赖性。关键核心技术的商业化突破，需要构建包含上、中、下游研发伙伴协同合作的产业生态，面向商用来推动技术和产品持续市场化。一方面，关键核心技术的高度复杂性

往往需要在产业实践中不断试错和测试，积累大量经验数据来持续提高性能；另一方面，关键核心技术需要通过产品转化和大规模应用的解决方案来实现其产业价值，而那些缺乏产业生态支持的实验室“样品”性能再高，也难以形成规模商用。

2.3 突出问题分析

通过前期调研，我们也发现在关键领域的科技创新体系取得进步的基础上，国内在“卡脖子”短板背后的基础科学源头供给、核心技术商用突破路径以及科研组织方式和人才体系机制等方面仍然面临一些突出问题，攻坚创新体系的活力和效力急待提升。

（1）关键领域基础科学源头创新供给和支撑不足。核心技术的突破往往涉及系统的基础知识和技术的联接与支撑，隐藏着深层次关键科学问题的识别和突破。我国前沿基础研究近些年取得了长足发展，但在关键核心领域具有国际影响力的重大原创成果偏少，源头创新供给仍明显不足。

（2）核心技术商用生态未建立，不少研发止步于实验室与样机阶段。国家在关键核心技术方面前期进行了不少前瞻的科研布局和政策引导，也对研发项目攻关投入了大量的资金和人才。但是有时研发的样品和样机某些技术性能达标了，在科技成果宣传“报喜”后，面对后续产业商用研发的高度复杂性和困难性，往往缺乏长期坚持攻坚的决心和勇气，最后半途而废。

（3）突破关键核心技术瓶颈的“中国路径”识别与探索。受资源禀赋、技术积累、历史文化等多因素的影响，中国情景下核心关键技术的突破路径、方式等方面与发达国家是存在差异的[6]。在新一轮科技革命和产业变革的新机遇下，必须准确把握核心关键技术研发现状，调整和优化我国与各类国际合作伙伴的合作方式。并以此为基础，对我国核心关键技术突破的范式、机理和制度设计，核心技术突破的“中国路径”进行系统总结和理论探究。

（4）现有关键核心技术攻坚的科研组织方式和人才供给规模有待提升。我国当前科技攻坚体系的效力和活力都有待进一步提高，以推动各个创新主体在技术突破不同阶段形成深度的创新协同和资源整合。从部分关键领域的科研布局和现状来看，需要优化各类科技投入结构，进一步探索重大战略需求与单位短期利益的平衡点，有效克服当前存在的条块割裂、利益分配及低水平重复的问题。同时，要解决关键领域人才队伍存在的严重结构性矛盾，遵循领军人才的成长规律，锤炼和培养战略性领域的“帅才”“将才”和顶尖研发团队的培养、引进和成长。

3 构建充满活力和效力的攻坚创新体系

“十三五”期间，在使命导向的国家科技重大项目支持下，我国在许多战略性领域取得了重大进展。为了进一步突破关键核心技术，面向国家重大战略需求，全面提升攻坚创新体系的活力和效力，需要高度重视前瞻性的战略研究进行针对性的创新机制设计，动态优化产学研创新单元的战略布局和协同，完善重大项目知识产权共享分配规则；通过政策设计建立攻坚创新命运共同体，构建充满活力和效力的核心技术攻坚创新体系。

3.1 把握科技革命产业变革的新机遇

聚焦关键性产业创新和产业技术竞争力形成规律，以全球开放视野分析战略性技术研发和知识扩散特性，特别是研判战略技术主航道和全球产业链结构的演变规律，围绕主流市场用户持续提升产品成熟度，研判关键性领域我国真实技术能力水平和对外技术依赖度。

要保持对科技革命和产业变革等大环境变化的战略敏锐性，特别是以大（大数据）、物（物联网）、云（云计算）、移（移动互联网）为代表的深度数字化、智能化趋势，使得跨产业跨学科融合创新趋势愈发明显[7]。分析识别产业核心技术新的“变革临界

点”和“突破切入点”。特别是当前软硬件开源开放的大潮，传统的软件设计和芯片研发的范式都在发生重大变化，这为我国突破国际核心技术壁垒提供了新的战略契机。

3.2 优化支撑重大技术突破的组织模式

我国要攻克“老大难”核心技术短板的壁垒，在组织体系方面，仍然有很多挑战。例如：创新体系的各研究单元如何面向国家战略任务，形成明确的实质性整合集成机制；如何提升跨单位团队二次有效组合；如何实现跨研究单元合作成果认定、人员考核和激励机制；如何避免重复投入、简单拼凑和碎片化成果堆砌。这需要我们重构有利于“关键核心技术突破”的组织模式和治理机制，形成攻克关键核心技术的强大合力。

核心技术的攻坚克难需要形成可持续组织模式，需要重新思考创新体系各个单元的战略定位互补，推动源头性基础研究和前瞻性应用研究的深度契合。推动国立科研机构、研究型高校与创新企业进行面向攻克战略性技术瓶颈的协同攻关，重点培育一批核心技术能力突出、集成创新能力强的创新型领军企业，推动产业链、创新链上下游环节互动合作，在战略性领域的全球技术体系演进中形成有效卡位和及时补位。特别要重视建立高水平试验测试平台，将关键技术突破、样品规模商用和产业生态培育紧密结合，重视提高核心产品与技术的稳定性和可靠性，不断驱动关键核心技术的商用突破进展。

3.3 构建全球一流科研人才体系与价值评价机制

面向全球化的商用市场竞争往往是创新突破最好的催化剂，关键核心技术突破需要充满活力的一流科研组织人才和科技评价体系支撑。这需要我国在人才引入、人才激励和人才发展平台等方面建立体系化长效机制，努力将攻克国家战略“瓶颈”、国际科技前沿“难点”和产业商用需求“痛点”紧密结合，在创新实践中锤炼培养一支核心技术突破的领军人才队伍。

一方面，针对核心关键技术突破的高投入、长期性和知识缄默性等特点，需要我们结合技术创新突破的不同阶段建立科学价值、经济价值和社会价值等相结合的多元科技绩效评估机制。要进一步采取针对性政策，让甘于坐冷板凳、潜心关键领域核心技术研究的攻坚科研人员能够获得稳定的预期和支持，建立适应核心技术攻坚的人事制度、薪酬制度。

另一方面，开阔视野引进全球核心技术领域人才。要在更大范围、更广领域、更高层次上吸引包括非华裔在内的全球高端科技人才，以一流研究平台和领军人才吸引更多全球优秀人才，形成具有核心攻坚能力的研究团队群千帆竞发之势。

4 结语

“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”。突破关键核心技术，铸造强国重器，需要决策者在研发战略布局上的决心、恒心和勇气，也需要研发人员能够在实践中潜心磨砺，深入探索，真正透彻掌握核心技术的本质规律。作为国家科技政策与创新战略研究者，更需要真正深入前沿研发一线，认真倾听“炮声”，深入了解核心技术攻坚的痛点和一线科研人员的心声。在关键核心技术攻坚过程中，我国在高新技术消费端的庞大市场资源具有独特的优势，要推动新兴应用场景与新知识、新技术深度连接和耦合发力，在战略性领域努力形成有中国特色的新技术、新需求与新架构。同时，在战略上需要注意不断引导和激励攻坚体系的各个创新单元构建面向商用的创新生态，形成紧密的协同和接力研发，从而构建充满活力和效力的攻坚创新体系。

参考文献

1 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话. 人民日报, 2018-05-29.

2 路甬祥. 建设世界科技创新强国的新长征. 科技导报, 2017, 35(1): 5-6.

3 潘教峰. 补上关键核心技术短板. 瞭望, 2016, (22): 1.

4 余江, 陈凯华. 中国战略性新兴产业的技术创新现状与挑战. 科学学研究, 2012, 30(5): 682-695.

5 科技日报总编辑:是什么卡住了我们核心技术脖子? [2018-06-23]. http://news.ifeng.com/a/20180623/58858610_0.shtml.

6 李正风. 深入研究新时代建设世界科技强国的特点与规律. 科学学研究, 2018, (1): 1-2.

7 余江, 孟庆时, 张越, 等. 数字创新：创新研究新视角的探索及启示. 科学学研究, 2017, 35(7): 1103-1111.

Forging Pillars of Scientific and Technological Power: Mechanism Exploration and System Construction for Breakthrough of Core and Key Technologies

YU Jiang[1,2] CHEN Feng[1,3] ZHANG Yue[1,2] LIU Rui[1,3]

(1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Core and key technologies are of great strategic importance to China's economic and social development and the national security. Breaking through and mastering those technologies which are in the "cut-throat competition" position is of symbolic significance for achieving the goal of becoming a global scientific and technological power. It entails a holistic framework of the frontier layout with strategic plans according to the national strategic demands. According to identified characteristics of core and key technologies, this study systematically reflects on the challenges and bottlenecks faced by the core and key technological breakthroughs. This study also considers how to build innovation system with dynamic and effective mechanisms and paths based on perspectives of organizational models, personnel training mechanism, new evaluation, and incentive mechanism.

Keywords scientific and technological power, mechanism for core technologies, innovation system



余 江 中国科学院科技战略咨询研究院研究员，中国科学院大学公共政策与管理学院教授、博士生导师，中国科学院大学网络创新与发展研究中心执行主任，曾经担任剑桥大学英国皇家学会研究员。长期关注全球化背景下的高技术创新政策、数字化与竞争战略等研究，在“中欧高层创新对话”中担任中方专家组核心成员。在国内外核心期刊发表了一系列论文并出版英文专著。主持了国家自然科学基金重点项目、国家软科学计划重大项目等多项国家级重要科研课题。E-mail: yujiang@mail.casipm.ac.cn

YU Jiang Research Professor of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS-ISD). He is also the Full Professor at School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS), Director of Research Center of Network Innovation and Development, UCAS. Prof. Yu has worked as the Royal Society International Fellow in Cambridge University. His main research interest covers innovation policy, digitalization and competition strategy. Prof. Yu has chaired important national funding programs such as Key Program of National Natural Science Foundation of China (NSFC), National Soft-Science Key Projects. E-mail: yujiang@mail.casipm.ac.cn

■责任编辑：文彦杰

参考文献（双语版）

1 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话. 人民日报, 2018-05-29.

Xi J P. Xi's speech at the 19th Academician Conference of the Chinese Academy of Sciences and the 14th Academician Conference of the Chinese Academy of Engineering. People's Daily, 2018-05-29. (in Chinese)

2 路甬祥. 建设世界科技创新强国的新长征. 科技导报, 2017, 35(1): 5-6.

Lu Y X. A new long march of building a world powerful country in science and technology innovation. Science & Technology Review, 2017, 35(1): 5-6. (in Chinese)

3 潘教峰. 补上关键核心技术短板. 瞭望, 2016, (22): 1.

Pan J F. Make up for the shortcomings of key core technologies. Outlook, 2016, (22): 1. (in Chinese)

4 余江, 陈凯华. 中国战略性新兴产业的技术创新现状与挑战. 科学学研究, 2012, 30(5): 682-695.

Yu J, Chen K H. Current situation and challenge of technological innovations in Chinese strategic emerging industries: A patent-bibilometric perspective. Studies in Science of Science, 2012, 30(5): 682-695. (in Chinese)

5 科技日报总编辑: 是什么卡住了我们核心技术的脖子? [2018-06-24]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201806/24/t20180624_29513293.shtml.

Editor-in-chief of Science and Technology Daily: What stuck the neck of our core technology?. [2018-06-24]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201806/24/t20180624_29513293.shtml. (in Chinese)

6 李正风. 深入研究新时代建设世界科技强国的特点与规律. 科学学研究, 2018, 36(1): 1-2.

Li Z F. In-depth study of the characteristics and laws of building a world powerful country in science and technology in the new era. Studies in Science of Science, 2018, 36(1): 1-2. (in Chinese)

7 余江, 孟庆时, 张越, 等. 数字创新: 创新研究新视角的探索及启示. 科学学研究, 2017, 35(7): 1103-1111.

Yu J, Meng Q S, Zhang Y, et al. Digital innovation: Exploration and enlightenment of the new perspective of innovation research. Studies in Science of Science, 2017, 35(7): 1103-1111. (in Chinese)